

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



ZÁKLADY AUTOMATIZACE TECHNOLOGICKÝCH PROCESŮ V TEORII

Ing. Romana Garzinová, Ph.D.
Ing. Ondřej Zimný, Ph.D.
prof. Ing. Zora Jančíková, CSc.

Ostrava 2013

© Ing. Romana Garzinová, Ph.D., Ing. Ondřej Zimný, Ph.D., prof. Ing. Zora Jančíková, CSc.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3043-8



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	CVIČENÍ Č. 5.....	3
1.1	Identifikace systému	4
1.2	Simulace systému	5
1.3	Vnější popis lineárního spojitého systému.....	5
	POUŽITÁ LITERATURA	9



1 CVIČENÍ Č. 5



STRUČNÝ OBSAH CVIČENÍ:

Identifikace systému

Simulace systému

Vnější popis lineárního spojitého systému



MOTIVACE:

V tomto cvičení se student seznámí s pojmem identifikace a její členění. Dále s neperiodickými vstupními signály Diracovým impulsem a Heavisidovým skokem, s periodickým vstupním signálem a jejich charakteristikami.



CÍL:

Cílem cvičení je seznámit studenta s identifikací a simulací systémů a vnějším popisem lineárního spojitého systému.

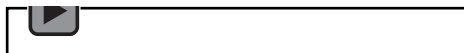


1.1 IDENTIFIKACE SYSTÉMU

Identifikace je proces určování matematického popisu systému.



Audio 1.1



Zkoumaný systém lze identifikovat:

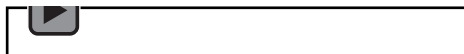
Analyticky – pomocí metod matematicko-fyzikální analýzy

Empiricky – pomocí metod experimentálních

- deterministické metody
- stochastické metody



Audio 1.2



Metoda analytická

Matematický popis dostaneme ze známých přírodních zákonů z metod matematicko-fyzikální analýzy (např. Fourierova rovnice sdílení tepla, Bernoulliho rovnice apod.).

Výhody analytického modelu:

Takovýto model lze charakterizovat jako *vnitřní popis chování* zkoumaného objektu (tzv. „white box“ tedy bílá (průhledná) skříňka), tzn., že reprodukuje skutečné zákonitosti, jeho parametry mají fyzikální smysl (λ , α , c , ρ). Vede k jednoznačnému popisu systému (pro zkoumaný objekt získáme jeden matematický popis). Platí v obecnějším rozsahu (je možno jej použít i pro jiné fyzikálně podobné systémy a procesy). Umožňuje určit matematický model i v případech, kdy objekt ještě nebyl vyroben (např. se teprve projektuje) a vstupní a výstupní signály systému se nemohou měřit. Výsledků takového rozboru lze užít pro volbu optimální koncepce a detailní konstrukce celého zařízení.

Nevýhody analytického modelu:

Model je většinou velmi složitý a nelineární. Lze jej použít jen pro některé jednodušší případy, u nichž je dobře známa fyzikální podstata procesu, lze sestavit jeho materiálové a energetické bilance a na jejich základě pak sestavit příslušné rovnice popisující jeho chování. Proto jeho tvorba vyžaduje velké teoretické i praktické znalosti o zkoumaném objektu nebo procesu. Je nutné uplatnit řadu zjednodušujících předpokladů a matematických obrátů, výsledné vztahy je nutno někdy aproximovat, linearizovat, a to na úkor přesnosti. Přesnost dosažených výsledků většinou není úměrná námaze, která musí být sestavení modelu věnována.

Metoda empirická

Matematický popis získáme pomocí vhodných testovacích signálů působících na systém a zaznamenáním jeho odezvy.

Empirické metody identifikace vyžadují existenci zkoumaného objektu.

Nevyžadují přesnou znalost struktury systému a popis probíhajícího procesu.



Výhody experimentálního modelu:

Tento model má většinou jednoduchý tvar, parametry se snadno určují (výpočtem nějakou matematickou metodou).

Nevýhody experimentálního modelu:

Je použitelný v menším rozsahu než model analytický, platí obvykle jen pro konkrétní zkoumaný objekt a většinou pouze pro naměřenou oblast (tzn., že extrapolace chování systému mimo ověřenou oblast je nepřipustná a stejně tak i zobecnění výsledků získaných jejich použitím na podobné objekty).

1.2 SIMULACE SYSTÉMU

Základní princip simulace systémů je nahrazení původního systému jiným systémem, tzv. simulačním modelem, a zpětná aplikace poznatků ze simulačního modelu na původní systém.

Funkce simulace:

Proces dotváření a ověřování správnosti matematického modelu na základě srovnání jeho chování s chováním reálného systému.

Při experimentování s modelem používáme simulace k napodobování nějaké situace nebo podmínek, které ve skutečnosti u reálných systému nemohou nebo nesmí nasrat (např. jaderný reaktor, dopravní nehoda, atd.)

Hlavní fáze procesu simulace

- Vymezení systému na zkoumaném objektu a určení matematického popisu systému pomocí identifikace (analytické, experimentální)
- Sestavení simulačního modelu (modelování)
- Ověření shody projevů simulačního modelu a objektu (simulace)
- Vlastní experimenty se simulačním modelem (simulace)
- Aplikace výsledků simulačních experimentů na zkoumaný objekt

1.3 VNĚJŠÍ POPIS LINEÁRNÍHO SPOJITÉHO SYSTÉMU

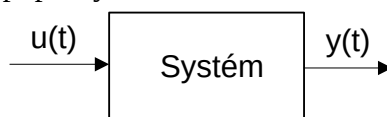
Vnější popis lineárního spojitého systému s jednou vstupní a výstupní veličinou můžeme vyjádřit:

- lineární diferenciální rovnicí systému
- přenosem systému v Laplaceově transformaci
- impulsovou charakteristikou systému
- přechodovou charakteristikou systému
- frekvenčním přenosem systému
- frekvenční charakteristikou systému



Popis lineární diferenciální rovnici

Jednou ze základních metod je popis systému lineární diferenciální rovnici.



Obr. 1 Vstupy a výstupy dynamického systému

Lineární stacionární spojitý systém s jednou vstupní a jednou výstupní veličinou má relaci mezi vstupní a výstupní veličinou popsanou diferenciální rovnici ve tvaru

$$a_n y^{(n)}(t) + a_{n-1} y^{(n-1)}(t) + \dots + a_0 y(t) = b_m u^{(m)}(t) + \dots + b_0 u(t)$$

a_i, b_j jsou konstantní koeficienty

$u(t)$ je vstup systému

$y(t)$ je výstup systému

Z podmínky fyzikální realizovatelnosti systému vyplývá, že musí platit nerovnost $m \leq n$.

Řád diferenciální rovnice n je roven řádu systému.

Řešení rovnice je možno získat, máme-li určeny počáteční podmínky $y^{(n-1)}(0), \dots, y(0)$ a $u^{(m-1)}(0), \dots, u(0)$ a tvar vstupního signálu $u(t)$.

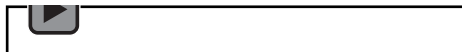
Popis impulsovou charakteristikou systému

Impulsní funkce a impulsní charakteristika

Impulsní funkce je odezva systému na vstupní Diracův impuls.



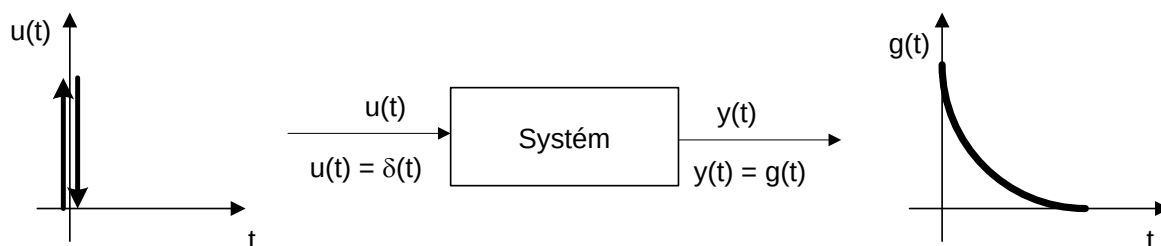
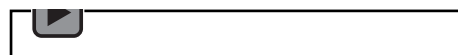
Audio 1.3



Impulsní charakteristika je grafickým znázorněním Diracova impulsu.



Audio 1.4



Obr. 2 Impulsní funkce a charakteristika

$$g(t) = L^{-1}\{G(p)\}$$

$$u(t) = \delta(t) \begin{cases} \infty & \text{pro } t = 0 \\ 0 & \text{pro } t \neq 0 \end{cases}$$

Laplaceův obraz $L\{\delta(t)\} = 1$.

Popis přechodovou charakteristikou systému

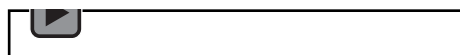
Přechodová funkce a přechodová charakteristika

Přechodová funkce je odezva systému na jednotkový skok.





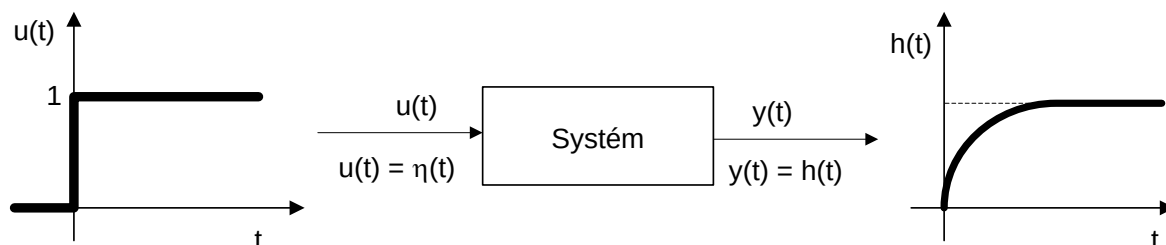
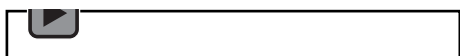
Audio 1.5



Přechodová charakteristika je grafickým znázorněním jednotkového skoku.



Audio 1.6



Obr. 3 Přechodová funkce a charakteristika

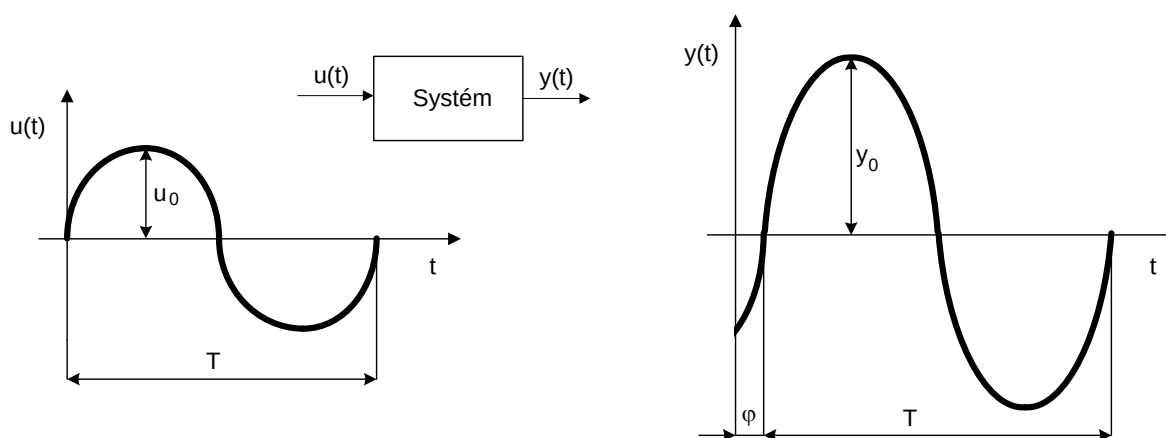
$$h(t) = L^{-1}\left\{\frac{G(p)}{p}\right\}$$

$$u(t) = \eta(t) \begin{cases} 1 & \text{pro } t \geq 0 \\ 0 & \text{pro } t \leq 0 \end{cases}$$

Laplaceův obraz $L\{\eta(t)\} = 1/p$.

Popis frekvenční charakteristikou a frekvenčním přenosem systému

Frekvenční přenos získáme, přivedením harmonického signálu, na vstup systému



Obr. 4 Frekvenční charakteristika1

$$u(t) = u_0 \sin \omega t$$

u_0 – amplituda vstupního signálu

ωt – úhlová frekvence

$$y(t) = y_0 \sin (\omega t + \varphi)$$

u_0 – amplituda vstupního signálu

ωt – úhlová frekvence

φ – fázové posunutí výstupního signálu vůči vstupnímu signálu



Vyjádření vstupní a výstupní funkce v komplexním tvaru

Vstup	$u(t) = u_0 e^{j\omega t}$
Výstup	$y(t) = y_0 e^{j(\omega t + \varphi)}$

Formálním nahrazením Laplaceova operátoru p Fourierovým operátorem $j\omega$ dostáváme přenos ve frekvenční oblasti, kde $\omega = 2\pi f$ je kruhová frekvence.

$$G(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{U(j\omega)} = \frac{b_m(j\omega)^m + \dots + b_1(j\omega) + b_0}{a_n(j\omega)^n + \dots + a_1(j\omega) + a_0}$$

Určete frekvenční přenos systému popsaného rovnicí

$$4y'' + 2y' = u$$

$$4(j\omega)^2 Y(j\omega) + 2(j\omega) Y(j\omega) = U(j\omega)$$

$$Y(j\omega) (4(j\omega)^2 + 2(j\omega)) = U(j\omega)$$

$$G(j\omega) = \frac{1}{4(j\omega)^2 + 2(j\omega)}$$

$$2y''' + 3y'' + 5y' + 7y = 4u' + 0,3u$$

$$G(j\omega) = \frac{4(j\omega) + 0,3}{2(j\omega)^3 + 3(j\omega)^2 + 5(j\omega) + 7}$$

Určete frekvenční přenos systému z operátorového přenosu systému

$$G(p) = \frac{6p^2 + 4p + 1}{3p^3 + p^2 + 5p + 9}$$

$$G(j\omega) = \frac{6(j\omega)^2 + 4(j\omega) + 1}{3(j\omega)^3 + (j\omega)^2 + 5(j\omega) + 9}$$

$$G(p) = \frac{p}{0,8p^2 + 0,2p + 0,33}$$

$$G(j\omega) = \frac{(j\omega)}{0,8(j\omega)^2 + 0,2(j\omega) + 0,33}$$



POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Švarc, I. AUTOMATIZACE Automatické řízení . Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002. ISBN 80-214-2087-1.
- [2] Vítečková, Miluše. Slovníky L- a Z-transformace s řešenými příklady. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Katedra automatizační techniky a řízení, 2005. ISBN 978-80-248-0851-2.
- [3] Vítečková, M. a Víteček, A. Základy automatické regulace. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA 17. listopadu 15/2172 Ostrava-poruba 708 33, 2008. ISBN978-80-248-1924-2.
- [4] Franklin, G.F., Powell, J.D. a Emami-Naeini, A. Feedback control of dynamic systems. London : Pearson, 2009. ISBN 978-0-13-601.
- [5] Žalman , M. a Kneppo, I. Systémy automatického riadenia. Trenčín : Trenčianská univerzita v Trenčíne, 2001. ISBN 80-88914-48-5.
- [6] Heger, M., Tomis, L. a Balcová, J. ASŘ TP v hutích - výpočetní a laboratorní cvičení. Ostrava : VŠB v Ostravě, 1991. ISBN 80-7079-079-7.
- [7] Voráček, R., Andryšek, F. a Brýdl, Z. Automatizace a automatizační technika II. Praha 4 : Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-247-5.

